

# Die Methode bringt's

Gesundheit am Arbeitsplatz, Einfüllen von Bier ins Glas, Fahren auf nassem Untergrund: Neue Simulationmethoden machen dynamische Vorgänge berechenbar. Gemeinsam treiben Forscher verschiedener Fraunhofer-Institute die Entwicklung voran

von Bernd Müller

In die Knie gehen, Kiste greifen und dann mit geradem Rücken aus den Oberschenkeln aufrichten. So hebt man richtig. An Industriearbeitsplätzen helfen solche simplen Regeln allerdings nicht weiter. Dazu sind die Bewegungen zu komplex und vielfältig, die Lasten zu unterschiedlich. Um Gesundheitsschäden zu vermeiden, beobachten und bewerten Arbeitsmediziner die Bewegungen. Mitunter nutzen sie Sensoren, die am Körper befestigt sind und die Bewegungen aufzeichnen. Auch nicht mehr ganz neu sind

digitale Menschmodelle. Sie hatten bisher den Nachteil, dass sie nur sehr einfache Aussagen zur Ergonomie erlaubten, zum Beispiel ob eine Kiste mit Bauteilen in Reichweite des Armes ist.

„Marktübliche Modelle können bei der Biomechanik zu wenig“, klagt Joachim Linn, stellvertretender Leiter der ITWM-Abteilung Mathematische Methoden in Dynamik und Festigkeit. „Daher entwickeln wir im Projekt EMMA-CC etwas Besseres.“ Das Kürzel steht für „Ergo-dynamic Moving Manikin with

Cognitive Control“. Der Avatar aus dem Projekt ist ein mathematisches Modell von Kopf, Rumpf und Gliedmaßen des menschlichen Körpers. Damit kann man dessen Bewegungen nach den Gesetzmäßigkeiten der Biomechanik simulieren.

## Strategische Allianzen

Die Modelle des Instituts sind aber nur ein Teil des Projekts. Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert es in ihrem Programm „Marktorientierte Strategische Vorlauforschung“ (MAVO), das die

wissenschaftlichen Grundlagen in innovativen, für die Gesellschaft vielversprechenden Themen legt. An MAVOs sind immer mehrere Fraunhofer-Institute beteiligt, in diesem Fall sechs. Das Stuttgarter Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA steuert Messungen zu Muskelbewegungen bei, das Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK in Berlin befasst sich mit der bisher selten gestellten Frage, welcher kognitiven Beanspruchung Industriearbeiter ausgesetzt sind. Denn am Fließband ist nicht nur Muskelkraft gefragt. Auch das Wahrnehmen, Erinnern und Reagieren belasten.

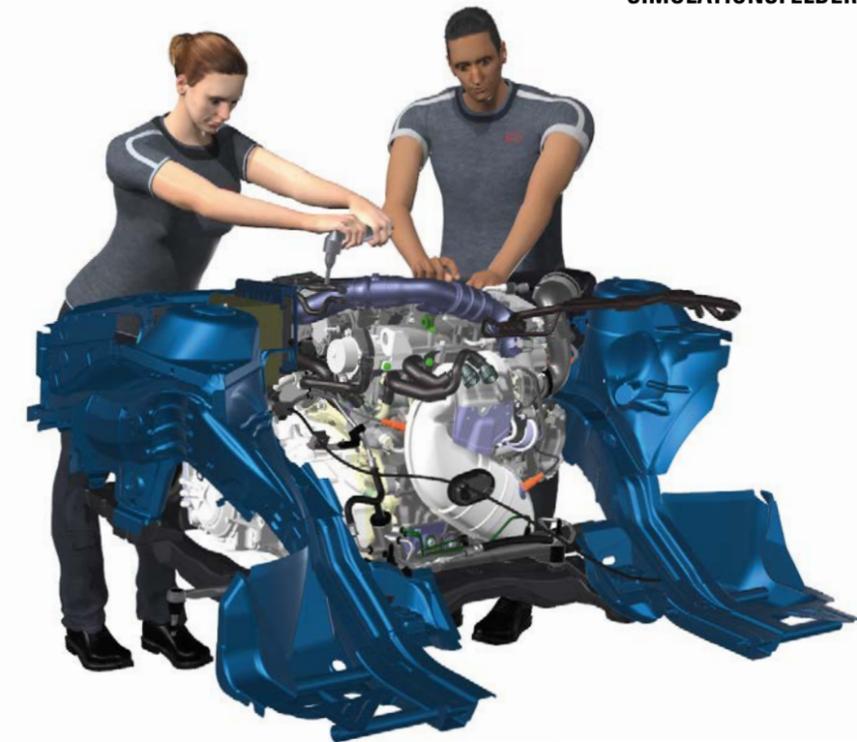
2015 startete das Projekt. Auf der Hannovermesse 2018 wurde Bilanz gezogen. Ein Resultat ist eine Software, die in der Produktionsplanung die Gestaltung von Arbeitsplätzen erleichtert – vorausschauend. Der Planer kann Belastungen vorgeben und daraus Arbeitsabläufe und nötige Hilfsmittel ableiten. Das ist unter anderem wichtig für die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter, die in der Industrie an Bedeutung gewinnt. „Künftig sollen Mitarbeiter und Arbeitsmediziner mit der Software gemeinsam den optimalen Arbeitsplatz planen“, sagt Linn. So könnte das Modell für Personen mit körperlichen Einschränkungen andere Bewegungen mit geringeren Lasten berechnen.

Die Software IPS IMMA, die von der ITWM-Ausgründung flexstructures vertrieben wird, hat ihre Feuertaufe in Tests bei deutschen und schwedischen Autoherstellern bereits bestanden. In Hannover wurde sie als Messeneuheit erstmals in Deutschland vorgestellt.

## Herkulesaufgabe an der Pfütze

Die Bewegung eines Menschen zu simulieren ist anspruchsvoll – aber überschaubar. Je mehr Objekte sich in einer Simulation bewegen, um so komplizierter wird es. Das ist zum Beispiel der Fall, wenn ein Auto durch eine tiefe Pfütze fährt und die Was-

◀ Eine heikle Aufgabe für Ingenieure: Wie spritzen Wassertropfen vom Asphalt und durch die Luft, wenn das Auto durch eine Pfütze fährt? Die Mathematiker bei Fraunhofer in Kaiserslautern haben dafür eine pfiffige Lösung gefunden.



▲ Hand in Hand am Motorblock: Im Fokus des Projekts EMMA-CC stehen die digitale Modellierung und Simulation menschlicher Tätigkeiten am Arbeitsplatz.

sertropfen in die Karosserie spritzen. Die Bewegung des Autos und der Tropfen sowie deren Wechselwirkung mit der vorbeiströmenden Luft – für die mathematische Modellierung ist das eine Herkulesaufgabe. Genau diesen Anwendungsfall hat Jörg Kuhnert aus der Abteilung Transportvorgänge des ITWM für einen Autohersteller ausgeführt – auch das ein Beispiel für eine erfolgreiche Kooperation im Fraunhofer-Verbund. Die Forscher in Kaiserslautern arbeiten mit Kollegen am Institut für Algorithmen und Wissenschaftliches Rechnen SCAI in Sankt Augustin zusammen.

Kuhnert und seine Kollegen setzen aber nicht auf die Methode der finiten Elemente, die Ingenieure in der Automobil- und Luftfahrtindustrie als Standardverfahren verwenden, sondern auf die Finite-Pointset-Methode (FPM). Beim klassischen Verfahren wird ein Gitternetz über Karosserie oder Flugzeuggeometrie gelegt und das Strömungsverhalten in jedem Gitterbaustein berechnet. Nachteil: Allein die Vernetzung kann für komplexe Geometrien Wochen dauern, die Simulation selbst nochmals Tage oder Wochen. „Unseren Kunden dauert das zu lange“, sagt Kuhnert.

Der gelernte Maschinenbau-Ingenieur, seit 1996 am Institut und nach eigener

Einschätzung ein „Urgestein“, entwickelt im Team seit dem Jahr 2000 die FPM: eine generalisierte Differenzenmethode. Sie kommt ohne Vernetzung aus und ist schon deshalb erheblich effizienter einsetzbar – Wochen schrumpfen unter Umständen zu wenigen Stunden. Es gebe noch weitere gitterfreie Methoden, sagt Kuhnert, doch die könnten seinem Verfahren bei der Flexibilität der Software und der physikalischen Genauigkeit nicht das Wasser reichen. „Die Software unseres größten Konkurrenten ist schnell und bunt, aber die Qualität der Ergebnisse ist schlecht.“

In der Autoindustrie ist das lange bekannt. Die nutzt Lizenzen der ITWM-Software. Etwa um das Befüllen des Tanks zu simulieren und das Zurückspritzen des Kraftstoffs bei steigendem Druck im Tank zu verhindern. Jetzt knöpft sich Kuhnert die Lebensmittelbranche vor. 2018 haben die Forscher im Team erstmals die Software MESHFREE vorgestellt. Interessant ist sie für Kunden, die Lebensmittel mischen, rühren, extrudieren oder Flaschen säubern und befüllen – überall wo sich Stoffe komplex bewegen. Hingucker auf dem Messestand war ein Video, das unter anderem eine physikalisch realistische Simulation des Bierzapfens zeigt. ●